

# RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI KONDISI KESEHATAN PADA PENDAKI BERBASIS FUZZY LOGIC

Oleh:

Ahlul A'raaf Femas Salsabil,

Agus Hayatal Falah

Progam Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

April, 2026

# Pendahuluan

Pendakian gunung merupakan olahraga ekstrem dengan Risiko kesehatan serius seperti hipoksia dan High Altitude Cerebral Edema (HACE) akibat penurunan tekanan atmosfer dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) di ketinggian. Selama ini, alat ukur konvensional hanya menampilkan data mentah tanpa memberikan analisis status kesehatan yang langsung dan komprehensif bagi pendaki. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan integrasi faktor lingkungan (tekanan udara) dan faktor fisiologis (detak jantung dan SpO<sub>2</sub>) menggunakan metode Fuzzy Logic untuk mengolah data sensor yang memiliki ketidakpastian tinggi. Tujuannya adalah membangun sistem peringatan dini (early warning system) yang mampu memberikan keputusan objektif mengenai kondisi tubuh pendaki guna meminimalkan risiko kecelakaan fatal di area pegunungan.

# Pertanyaan Penelitian (Rumusan Masalah)

Berdasarkan latarbelakang yang telah dipaparkan, makarumusan masalah dari Project ini adalah sebagai berikut.

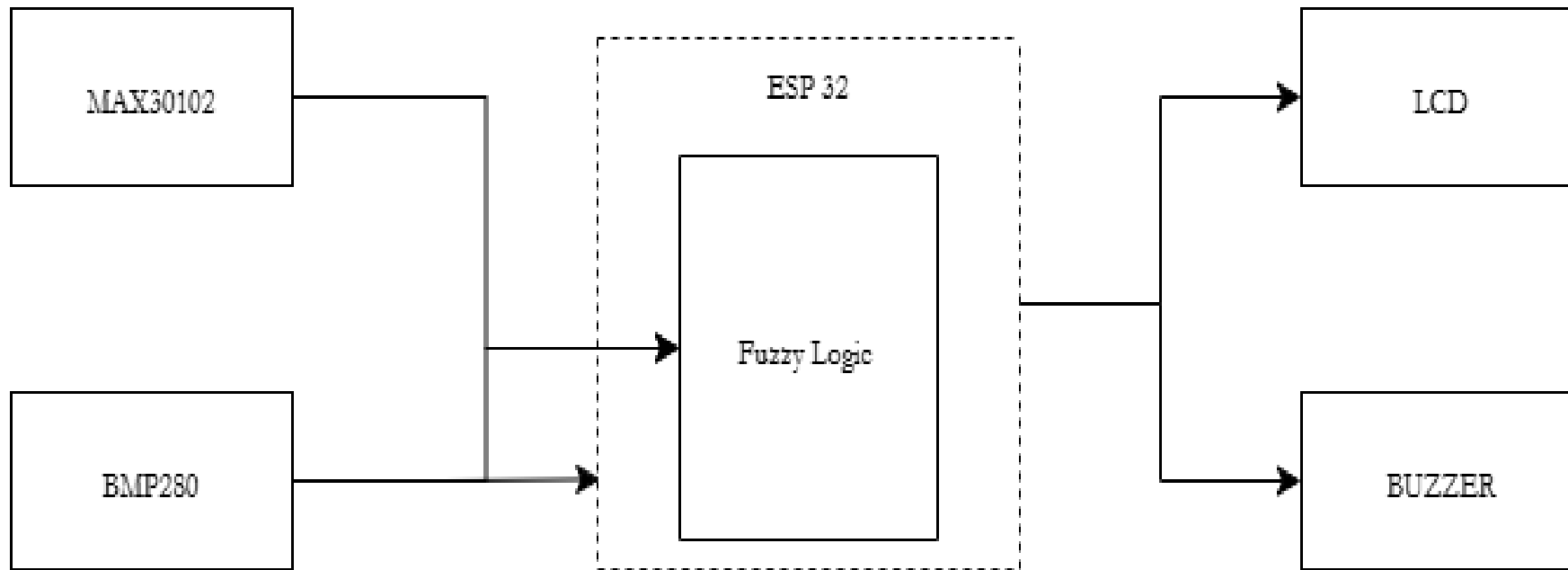
- Bagaimana merancang sistem yang mengintegrasikan faktor fisiologis (detak jantung & SpO2) dengan faktor lingkungan (tekanan udara)?
- Bagaimana menerapkan metode Fuzzy Logic untuk mengolah data sensor?
- Bagaimana akurasi dan efektivitas sistem dalam memberikan keputusan status kesehatan (Normal, Waspada, Bahaya) bagi pendaki gunung?
- Bagaimana mengimplementasikan sensor MAX30102 dan BMP280 sebagai instrumen deteksi dini risiko hipoksia?

# Metode

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk merancang sistem pemantauan kesehatan pendaki berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini mengintegrasikan sensor MAX30102 untuk mendeteksi detak jantung serta saturasi oksigen ( $SpO_2$ ), dan sensor BMP280 untuk mengukur tekanan udara. Data dari kedua sensor tersebut diolah menggunakan algoritma Fuzzy Logic yang terdiri dari 27 rule base dengan metode defuzzifikasi Center of Area (COA) untuk menentukan status kesehatan pendaki secara objektif. Hasil klasifikasi status (Normal, Waspada, atau Bahaya) ditampilkan melalui layar LCD OLED, sementara buzzer akan aktif secara otomatis sebagai alarm peringatan jika tekanan udara terdeteksi di bawah ambang batas 750 hPa.

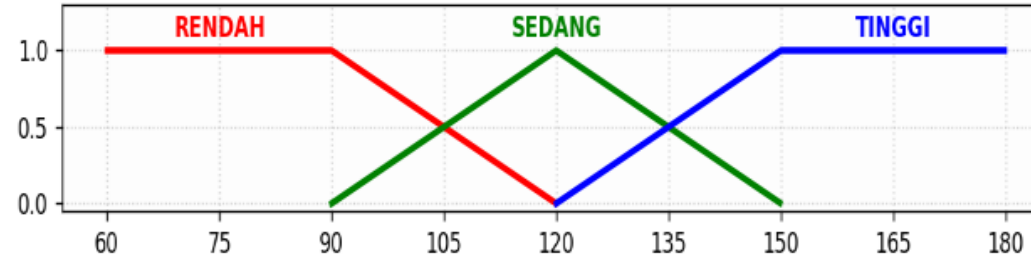
# Metode

- Perancangan Sistem

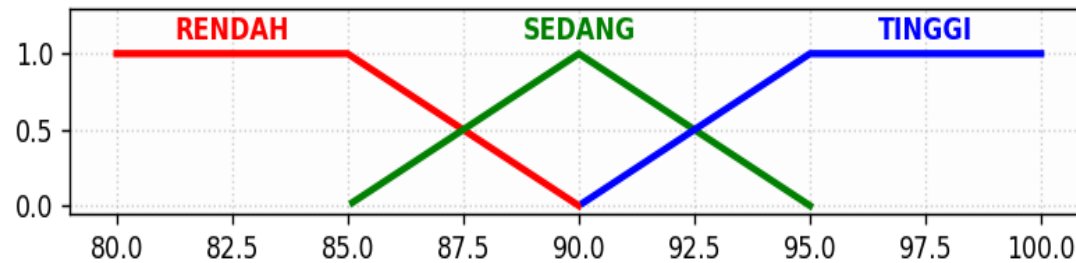


# Metode

- Desain Fuzzy



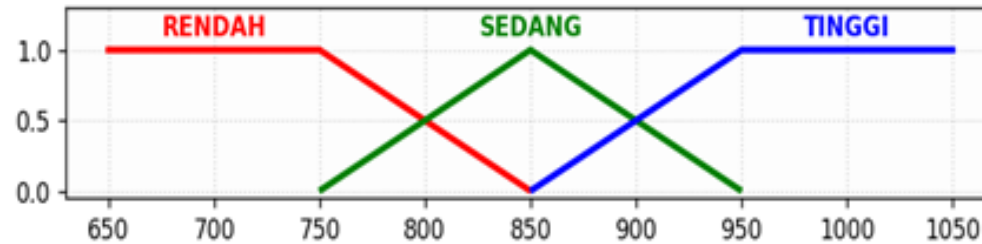
Variabel Himpunan Fuzzy Detak Jantung



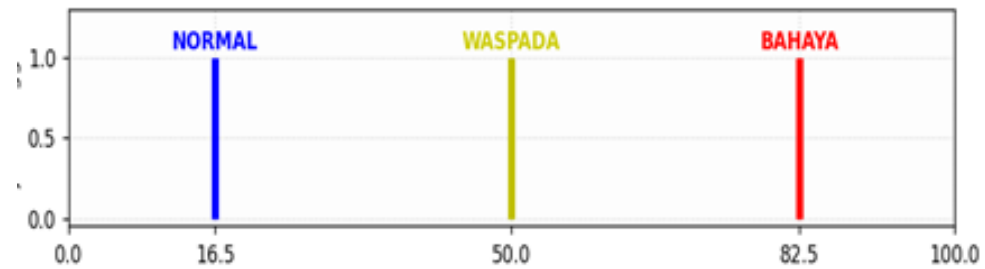
Variabel Himpunan Fuzzy Saturasi Oksigen

# Metode

- Desain Fuzzy



Variabel Himpunan Fuzzy Tekanan Udara



Variabel Himpunan Fuzzy Output

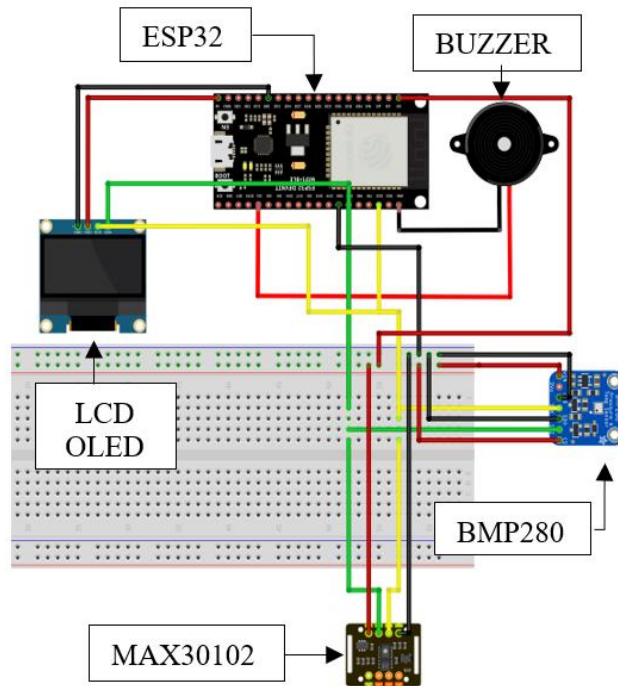
# Metode

- Rule Base

No	Saturasi Oksigen	HR	Tekanan Udara	Status (Output)
1	Rendah	Rendah	Rendah	Bahaya
2	Rendah	Sedang	Rendah	Bahaya
3	Rendah	Tinggi	Rendah	Bahaya
4	Sedang	Rendah	Rendah	Waspada
5	Sedang	Sedang	Rendah	Waspada
6	Sedang	Tinggi	Rendah	Bahaya
7	Tinggi	Rendah	Rendah	Waspada
8	Tinggi	Sedang	Rendah	Waspada
9	Tinggi	Tinggi	Rendah	Waspada
10	Rendah	Rendah	Sedang	Bahaya
11	Rendah	Sedang	Sedang	Bahaya
12	Rendah	Tinggi	Sedang	Bahaya
13	Sedang	Rendah	Sedang	Waspada
14	Sedang	Sedang	Sedang	Waspada
15	Sedang	Tinggi	Sedang	Waspada
16	Tinggi	Rendah	Sedang	Normal
17	Tinggi	Sedang	Sedang	Normal
18	Tinggi	Tinggi	Sedang	Waspada
19	Rendah	Rendah	Tinggi	Bahaya
20	Rendah	Sedang	Tinggi	Bahaya
21	Rendah	Tinggi	Tinggi	Bahaya
22	Sedang	Rendah	Tinggi	Waspada
23	Sedang	Sedang	Tinggi	Waspada
24	Sedang	Tinggi	Tinggi	Waspada
25	Tinggi	Rendah	Tinggi	Normal
26	Tinggi	Sedang	Tinggi	Normal
27	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Waspada

# Hasil

- Pembuatan Alat



# Hasil

- Pengujian Sensor

Tabel 1. Pengujian Hasil Detak Jantung

No	$X_s$	$X_r$	Error(%)	Akurasi(%)
1	92	91	1,08	98,92
2	91	90	1,09	98,91
3	87	85	2,29	97,71
4	85	82	3,52	96,48
Rata – Rata			1,99	98,01

Tabel 3. Pengujian Hasil Tekanan Udara

No	$X_s$	$X_r$	Error(%)	Akurasi(%)
1	1011	1010	0,98	99,02
2	987	1009	2,22	97,78
3	852,3	850,1	0,25	99,75
4	750	749,1	0,12	99,88
Rata – Rata			0,89	99,10

Tabel 2. Pengujian Hasil Saturasi Oksigen

No	$X_s$	$X_r$	Error(%)	Akurasi(%)
1	99	100	1,01	98,99
2	98	100	2,04	97,96
3	98	99	1,02	98,98
4	97	100	3,09	96,91
Rata – Rata			1,79	98,21

# Hasil

- Pengujian Keseluruhan Alat

Tabel 4. Pengujian Alat Pada Ketinggian 214 MDPL

No	Saturasi Oksigen (%)	HR (BPM)	Tekanan Udara (Hpa)	Status (Output)
1	100	91	1009	Normal
2	100	90	1009	Normal
3	99	85	1009	Normal
4	100	82	1009	Normal

Tabel 5. Pengujian Alat Pada Ketinggian 1165 MDPL

No	Saturasi Oksigen (%)	HR (BPM)	Tekanan Udara (Hpa)	Status (Output)
1	92	130	850,1	Waspada
2	90	125	850,1	Waspada
3	87	120	850,1	Waspada
4	88	119	850,1	Waspada

Tabel 6. Pengujian Alat Pada Ketinggian 1480 MDPL

No	Saturasi Oksigen (%)	HR (BPM)	Tekanan Udara (Hpa)	Status (Output)
1	84	135	749,1	Bahaya
2	83	130	749,1	Bahaya
3	85	133	749,1	Bahaya
4	84	132	749,1	Bahaya

# Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4,5 dan 6, sistem ini menunjukkan performa yang responsif dan akurat dalam mengklasifikasikan hasil status kesehatan seorang pendaki. Pada ketinggian 214 MDPL dengan tekanan udara 1009 hPa, sistem menetapkan status normal karena nilai dari saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) mendapatkan nilai yang optimal dan detak jantung berada dalam batas wajar. Seiring dengan meningkatnya ketinggian di 1165 MDPL nilai tekanan udara menurun di angka 850,1 hPa, yang mengakibatkan kompensasi tubuh berupa peningkatan detak jantung dan penurunan saturasi oksigen, sehingga algoritma *fuzzy* mengubah status menjadi waspada. Kondisi yang mengkhawatirkan terjadi pada ketinggian 1480 MDPL dengan penurunan tekanan udara yang cukup drastis 749,1 hPa, yang memicu alarm, penurunan nilai saturasi oksigen dan peningkatan nilai detak jantung yang cukup drastis, hal tersebut mengubah algoritma *fuzzy* menjadi bahaya. Hal ini membuktikan bahwa integrasi sensor MAX30102 dan BMP280 melalui logika Fuzzy mampu memberikan peringatan dini yang konsisten terhadap risiko kesehatan pendaki akibat perubahan tekanan atmosfer yang ekstrem di dataran tinggi.

# Temuan Penting Penelitian

- Akurasi Sensor Tinggi: Pengujian menunjukkan rata-rata akurasi sebesar 98,21% untuk saturasi oksigen (SpO2), 98,01% untuk detak jantung, dan 99,10% untuk tekanan udara.
- Efektivitas Fuzzy Logic: Algoritma Fuzzy Logic dengan 27 rule base berhasil mengklasifikasikan status kesehatan secara konsisten berdasarkan perubahan ketinggian.
- Respon Terhadap Ketinggian: Sistem secara akurat mengubah status dari "Normal" pada 214 MDPL, menjadi "Waspada" pada 1165 MDPL, hingga mencapai status "Bahaya" pada 1480 MDPL.
- Sistem Peringatan Otomatis: Buzzer sebagai alarm peringatan dini terbukti aktif secara responsif ketika tekanan udara turun di bawah ambang batas <750 hPa.
- Deteksi Risiko Hipoksia: Integrasi data fisiologis dan lingkungan memberikan hasil yang lebih objektif dalam mendeteksi risiko hipoksia dibandingkan alat ukur konvensional.

# Manfaat Penelitian

- Deteksi Dini Risiko Kesehatan: Mampu memberikan peringatan dini terhadap kondisi berbahaya seperti hipoksia dan High Altitude Cerebral Edema (HACE) secara real-time.
- Analisis Kondisi yang Objektif: Memberikan keputusan status kesehatan yang lebih akurat dan objektif dengan menggabungkan faktor fisiologis dan lingkungan, bukan sekadar menampilkan data mentah.
- Meningkatkan Keselamatan Pendaki: Meminimalkan risiko kecelakaan fatal atau kematian di gunung melalui sistem alarm otomatis saat tekanan udara mencapai ambang batas kritis.
- Monitoring Komprehensif: Memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi tubuh pendaki melalui integrasi data saturasi oksigen, detak jantung, dan tekanan atmosfer secara bersamaan.

# Referensi

- [1] G. Rizki Padilah, G. Purnama Insany, and K. Kamdan, "Rancang Bangun Website bagi Komunitas Pendaki Indonesia Menggunakan Metode Waterfall: Studi Kasus Gunung Gede Pangrango," *Pros. TAU SNARS-TEK Semin. Nas. Rekayasa Dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 24–34, Aug. 2024, doi: 10.47970/snarstek.v2i1.710.
- [2] Z. D. Mutia Rahmi1, "Persepsi Risiko Keselamatan dalam Kegiatan Pendakian Gunung," 2021.
- [3] F. P. Salipadang, V. R. Danes, and M. E. W. Moningka, "Hubungan Perbedaan Ketinggian dengan Perubahan Tekanan Darah pada Pelaku Perjalanan dari Dataran Rendah ke Dataran Tinggi dan dari Dataran Tinggi ke Dataran Rendah," 2022.
- [4] R. Rositasari, "ANCAMAN HIPOKSIA BAGI EKOSISTEM PESISIR; PENGGUNAAN INDEKS AMMONIA-ELPHIDIUM (A-E) SEBAGAI PROKSI," *OSEANA*, vol. 45, no. 1, pp. 82–92, Apr. 2020, doi: 10.14203/oseana.2020.Vol.45No.1.88.
- [5] A. H. Wahyudi, E. R. Widasari, and H. Fitriyah, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Hipoksia berdasarkan Detak Jantung dan Saturasi Oksigen menggunakan Low Power Mode dengan Metode Naïve Bayes," 2022.
- [6] B. Yulianti and I. Prakoso, "Rancang Bangun Pulse Oximeter Menggunakan Aplikasi Blynk," vol. 12, 2023.
- [7] M. M. Hadist, I. Sulistiyowati, S. Syahririni, and A. H. Falah, "SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN OTOMATIS BERBASIS FUZZY UNTUK KELAYAKAN REUSE AIR DRAIN MESIN RETORT," vol. 14, no. 1, 2026.
- [8] J. Jamaaluddin, E. Rosnawati, I. Anshory, I. Sulistiyowati, and S. Syahririni, "The utilization of levelled fuzzy logic for more precision results," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 7, p. 077037, Dec. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077037.
- [9] F. H. Ginoni, "SISTEM PERINGATAN DINI TERHADAP KONDISI TUBUH PADA PENDAKI GUNUNG BERBASIS FUZZY LOGIC," 2019, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/3565>

# Referensi

- [10] A. S. Hanifah, "Pengaruh tekanan udara dan swing time terhadap kadar oksigen yang berasal dari oksigen konsentrator bertingkat," 2022, [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/41939>
- [11] D. N. Meivita, "Rancang Bangun Alat Ukur Kondisi Kesehatan Pada Pendaki Gunung Berbasis Fuzzy Logic," 2016.
- [12] M. R. Baihak, "ANALISIS PENGGUNAAN SMARTWATCH DALAM PEMANTAU DATA FIOLOGIS PENDAKI GUNUNG GENERASI Z," UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA, 2025.
- [13] R. Virmansah, I. Sulistiyowati, and A. Ahfas, "IMPLEMENTASI SISTEM SMART DOORLOCK KOST BERBASIS ESP32 DENGAN DETEKSI STATUS TAGIHAN MENGGUNAKAN LOGISTIC REGRESSION DAN MONITORING APLIKASI MOBILE," vol. 14, no. 1, 2026.
- [14] D. E. P. Febian, A. Wisaksono, and I. Anshory, "SISTEM MONITORING GAS DAN SUHU PADA BIOGAS DIGESTER UNTUK MENINGKATKAN KINERJA KOMPOR," vol. 13, no. 2, 2025.
- [15] H. D. Puspita and G. Puspawardhani, "PENENTUAN KLASIFIKASI BEBAN KERJA BARU BERDASARKAN PREDIKSI KADAR OKSIGEN DALAM DARAH DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DENYUT JANTUNG, TEMPERATUR TUBUH DAN KONSUMSI OKSIGEN PADA PEKERJA JASA KULI ANGKUT," *Infomatek*, vol. 22, no. 2, pp. 89–100, Dec. 2020, doi: 10.23969/infomatek.v22i2.3338.
- [16] L. Rosyanti, I. Hadi, D. Y. S. Rahayu, and A. B. Birawida, "Mekanisme yang Terlibat dalam Terapi Oksigen Hiperbarik: theoritical review hyperbaric oxygen therapy/HBOT," *Health Inf. J. Penelit.*, vol. 11, no. 2, pp. 180–202, Dec. 2019, doi: 10.36990/hijp.v11i2.144.
- [17] A. H. Falah, M. Rivai, and D. Purwanto, "Implementation of Gas and Sound Sensors on Temperature Control of Coffee Roaster Using Fuzzy Logic Method," in *2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Surabaya, Indonesia: IEEE, Aug. 2019, pp. 80–85. doi: 10.1109/ISITIA.2019.8937148.

